

## REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Prof. Carlos E. M. Tucci  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Universidade Federal do R.G. do Sul

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Programa do curso

1. Introdução a regionalização
3. Seleção e análise dos dados
4. Indicadores regionais
5. Vazões médias
6. Vazões máximas
7. Vazões mínimas
8. Curva de permanência
9. Curva de regularização
10. Mapeamento de variáveis

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1. Introdução a regionalização

- **Conceitos**  
*necessidade da regionalização*  
*transferência de informações dentro de uma área de comportamento hidrológico semelhante*  
*variável, parâmetro e função hidrológica*
- **Variabilidade hidrológica**  
*depende de condições climáticas, geológicas, geomorfológicas, cobertura vegetal, solos, ações antrópicas, etc*  
*séries representativas no tempo e no espaço*  
*bacias de diferentes dimensões para representar a escala*

3

---

---

---


---

---

---

---

---



---

- **Qualidade da informação**  
*nenhum método incorpora informação adicional a que já existem nos dados. A melhor metodologia é a que explora melhor os dados*  
*a falta de informações devido a pequena quantidade de dados ou suas limitações não pode ser suprida pela regionalização.*
- **Variáveis explicativas**  
*são as variáveis que podem ser facilmente determinadas numa região e que explicam as variáveis hidrológicas desejadas.*  
*Exemplos: área de drenagem da bacia, precipitação média anual, comprimento do rio, densidade de drenagem, declividade ou altitude.*
- **Tipos de Regionalização**  
*variáveis, funções e parâmetros*

4

---

---

---


---

---

---

---

---



---

- **Critérios da regionalização**  
*objetivos dos resultados*  
*limites da região*  
*funções, variáveis ou parâmetros a serem regionalizados*  
*dados necessários*  
*variáveis explicativas*

5

---

---

---


---

---

---

---

---



---

**Seleção e análise de dados**

- **Dados Descritivos:** orientam o leitor sobre as principais características da região;
- **Dados Físicos:** escalas, variáveis físicas;
- **Dados Hidrológicos:** precipitação, vazão e dados fluviométricos relacionados;
- **Análise dos dados para regionalização.**

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Variáveis físicas

- Área de drenagem: *planímetro ou técnicas de geoprocessamento;*
- comprimento do rio: *o rio principal é sempre o que drena a maior área. A sua medida esta relacionada sempre com a escala do mapa utilizado;*
- declividade média do rio: *declividade média,*

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^N l_i s_i}{L}$$

7

---

---

---

---

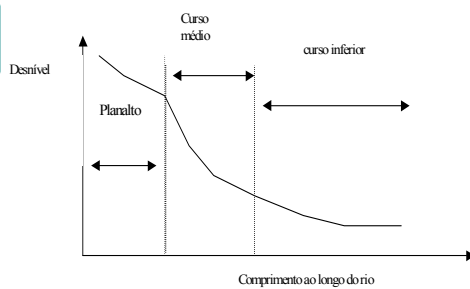
---

---

---

---

$$S_m = \frac{H(0,85L) - H(0,10L)}{0,75L}$$



8

---

---

---

---

---

---

---

---

- *Alternativa:* declividade = desnível H / comprimento (L).  
Existe a tendência de que  $L \sim 3 LR$ , onde LR é a distância em linha reta.
- Densidade de drenagem: é o somatório do comprimento dos rios dividido pela área da bacia

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{A k}$$

F = Frequência do rio

Ni é número de segmentos de um rio

$$\frac{F}{D^2} \approx 0,694$$

9

---

---

---

---

---

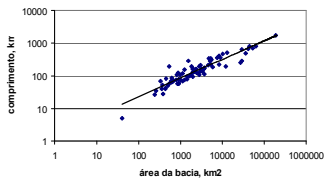
---

---

---

o Relações entre variáveis: área e comprimento do rio

Bacia	A	B	R <sup>2</sup>
Brasil	1,64	0,538	-
Rio Uruguai	1,61	0,574	0,86
Afluentes do rio Paraguai	0,49	0,668	0,82
Rio Paraguai	1,76	0,514	0,98



$$A = aL^b$$

10

---

---

---

---

---

---

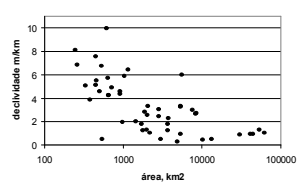
---

---

---

---

o Área e declividade: correlação baixa



• Desnível e comprimento

$$H = 50\sqrt{L}$$

11

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Precipitação

- o Selecione os postos com pelo menos 10 anos de dados
- o localize geograficamente os postos;
- o selecione também postos da vizinhança da região para permitir concordância entre isoietas;
- o preenchimento de falhas;
- o análise de consistência com dupla massa.
- o Traçado de isoietas: cuidados com programas automáticos

12

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Fluviometria

- Lista preliminar dos postos: com base no inventário;
- seleção preliminar: cinco anos com dados completos de vazão (depende do uso)
- verificação dos dados selecionados: curva de descarga, características do leito, trecho de transbordamento e extrapolação e número de ponto de definição da curva.
- Análise de consistência: continuidade: mínima, média e máxima; coeficiente de escoamento

13

---

---

---

---

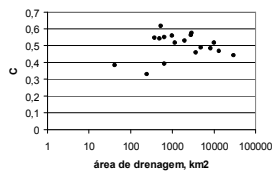
---

---

---

---

## Coeficiente de escoamento: Exemplo bacia do rio Canoas



Análise e nota para os postos: extrapolação superior e inferior, estabilidade da seção e número de medições.

O uso de nota tem objetivo auxiliar a sintetizar resultados

14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Indicadores regionais

### Objetivos

- Verificar se resultados de estudos específicos estão dentro da grandeza esperada;
- estimativa rápida dos recursos hídricos de uma bacia.

### Tipos

- vazões médias, máximas e mínimas

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## Médias

- Vazão específica  $q = Q_m/A$ , No Alto Uruguai  $q = 22,8 \text{ l/s.km}^2$  e desvio padrão de  $2 \text{ l/s.km}^2$ ;  $q = 33 A^{-0,042}$   $R^2 = 0,998$ .
- Exemplo: considere um propriedade rural que deseja irrigar 500 ha com demanda de  $8.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ . A bacia da propriedade tem  $10 \text{ km}^2$ .  
Demanda:  $500 \times 8000 \times 1000 / (86400 \times 365) = 126,8 \text{ l/s}$   
oferta:  $22,8 \times 10 = 228,0 \text{ l/s}$  considere uma regularização de 60% da média:  $136,8 \text{ l/s}$ . Atende as condições.
- Relações da curva de permanência:  
$$r_{95} = Q_{95}/Q_m$$
  
No rio Uruguai este fator é da ordem de 0,16 para bacias entre 40.000 e 60.000  $\text{km}^2$ , aumentando para 0,18 para bacias maiores e reduzindo para 0,14 para bacias menores. O valor varia pouco, portanto conhecendo a média é possível determinar  $Q_{95}$ . Para uma bacia de  $2.000 \text{ km}^2$   $Q_{95} = 2.000 \times 0,18 \times 22,8/1000 = 8,2 \text{ m}^3/\text{s}$

16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Enchente

- Fatores

$$r_{mc} = Q_{mc}/Q_m$$

$$r_{100} = Q_{100}/Q_m$$

Nome dos posto	Área de drenagem $\text{Km}^2$	$Q_m, Q_m$	$Q_m/Q_m$
Passo do Socorro	8.365	10,78	2,66
Rio Bonito	1.972	4,40	2,19
Passo Marombas	3.722	8,37	3,08
Passo Colombelli	3.627	11,81	2,42
Rio Uruguai	5.239	16,59	3,42
Marcelino Ramos	41.267	8,88	2,82
Itá	43.901	8,79	2,35
Passo Casamba	52.671	8,02	2,63
Irai	62.199	7,47	2,46
Uruguaiana	189.300	3,62	2,20
Média		8,87	2,62
Desvio padrão		3,69	0,39

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mínimas

$$R_{7,10} = Q_{7,10}/Q_m$$

$$r_m = Q_{95}/Q_{7,10}$$

Rio	Área $\text{Km}^2$	$Q_{7,10}/Q_m$	$Q_{7,10}/Q_{95}$	$Q_m/Q_{95}$
Rio Pelotas				
Desptraído	527			0,103
Invernada Velha	2813	0,05	0,57	0,096
Passo do Socorro	8365	0,05	0,53	0,085
Rio Canoas				
Rio Bonito	1972	0,09	0,57	0,158
Encruzilhada	2980	0,11	0,67	0,164
P. Alta do Sul	4783	0,12	0,65	0,183
Passo Caru	10071	0,12	0,68	0,174
Rio Ijuí				
Passo Faxinal	1951	0,13	0,71	0,185
Santo Angelo	5050	0,14	0,79	0,177
Ponte Mística	9030	0,09	0,66	0,144

18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regionalização de Vazões médias

- A vazão média representa a capacidade máxima da disponibilidade hídrica de uma bacia;
- a média das médias é chamada vazão média de longo período;
- indicador da variabilidade climática de longo período

19

---

---

---

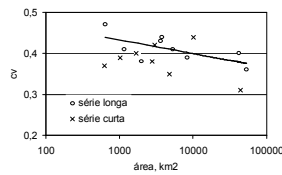
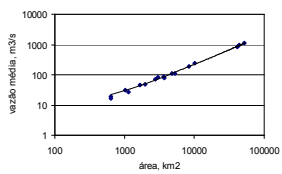
---

---

---

---

---



20

---

---

---

---

---

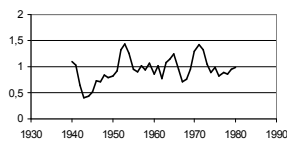
---

---

---

## Alterações na vazão média

- Variabilidade climática
- cobertura vegetal
- aumento da vazão média com desmatamento e plantio anual
- aumento da urbanização



21

---

---

---

---

---

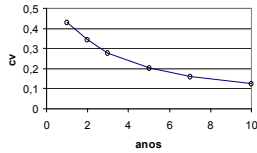
---

---

---

## Efeito do tamanho da série

- Coeficiente de variação de acordo com o tamanho da série



22

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regionalização da vazão média

- Curva adimensional de probabilidade :  
1. Determine a curva de probabilidade de cada posto; 2. adimensionalize pela média de longo período; 3. Determine a curva adimensional regional
- regressão com área e precipitação: 1. Estabeleça a equação de regressão para a vazão média de longo período

23

---

---

---

---

---

---

---

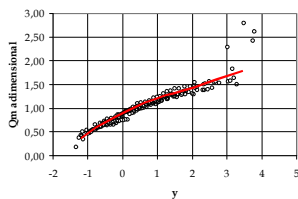
---

## Exemplo

- Alto Uruguai

$$Q_m = 0,024 \cdot A$$

$$R^2 = 0,99$$



No gráfico  $y = 3 \sim 20$  anos

$$Q/Q_m = 1,7$$

$$Q_{20 \text{ anos}} = 1,7 \times 0,024 \times A$$

para  $A = 1000$

$$Q_{20 \text{ anos}} = 40,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

esta vazão média tem 5% de ser superada num ano qualquer

24

---

---

---

---

---

---

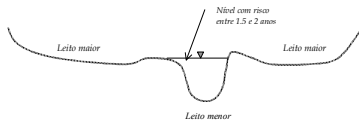
---

---



## Vazões Máximas

- Estimativa da vazão: curto e longo prazo  
*curto prazo*: previsão em tempo real e determinística; *longo prazo* previsão estatística baseado nas amostras do passado;
- limites dos leitos de inundação



25

---

---

---

---

---

---

---

---

## Séries de vazões

- Amostras representativa; valores independentes, série homogênea
  1. Selecione para cada ano a vazão máxima dentro ano hidrológico (inicia no período chuvoso): outubro a setembro (SUDESTE), maio - abril (SUL);
  2. Verifique nos anos de falha se o período com falha é o período chuvoso
  3. O valor instantâneo e máximo de dois valores

26

---

---

---

---

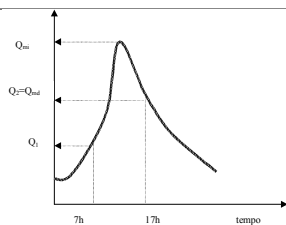
---

---

---

---

- Tempo de pico/ tempo de concentração/área da bacia e vazão instantânea



- Período comum: homogeneidade de séries  
vantagens = melhor definição da probabilidade;  
desvantagem = perda de períodos de séries longas

27

---

---

---

---

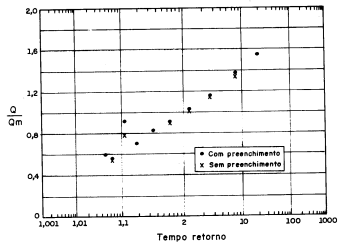
---

---

---

---

- Preenchimento por regressão com postos vizinhos;
- modelo chuva-vazão



28

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de Regionalização

- Valores selecionados *regionaliza vazões com probabilidades escolhidas*
- método dos parâmetros *regionaliza os parâmetros da distribuição estatística*
- curva adimensional
- *regionaliza fator de adimensionalização e curva de probabilidade adimensional*

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vantagens e desvantagens

- No primeiro método as regressões de riscos maiores ficam tendenciosas devido a extrapolação das curvas individuais;
- no segundo método deve-se escolher uma distribuição e os parâmetros nem sempre ajustam a curva individual à partir da regionalização
- o terceiro tem algumas limitações metodológicas, mas possui várias vantagens de permitir extrapolar as curvas e tratar tempos de retorno maiores.

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Metodologia

1. Determine as curvas de probabilidades individuais;
2. Adimensionalize os valores com base na média;
3. Determine uma curva adimensional geral e uma equação de regressão geral;
4. Verifique regiões homogêneas
5. Defina as curvas adimensionais e a equação de regressão por região

31

---

---

---

---

---

---

---

---

## Curva adimensional

- Determinação da curva individual por ajuste de uma distribuição ou por empírica;
- curva regional é determinada também por ajuste de uma distribuição ou por ajuste gráfico de todos os valores ou pela média de valores de intervalos. Para cada intervalo de  $y$  (p.exemplo entre 2 e 2,5; 2,5 e 3,0 ...) determine o valor médio de  $Q/Q_{mc}$ . Ajuste os valores resultantes graficamente

32

---

---

---

---

---

---

---

---

## Extrapolação da curva adimensional

- Sub-dividir os postos em 4 a 5 grupos de postos (postos independentes em cada grupo);
- escolher os quatro maiores valores de cada grupo;
- classificar segundo valores de  $y$  e obter os pontos médios superiores.
- Usar estes pontos para extrapolar a curva

33

---

---

---

---

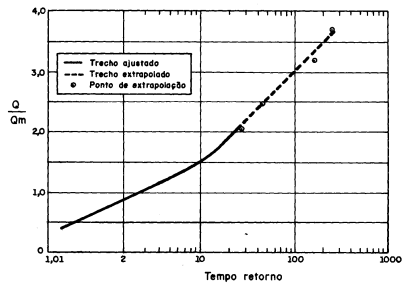
---

---

---

---

o Região I do Alto Uruguai



34

---

---

---

---

---

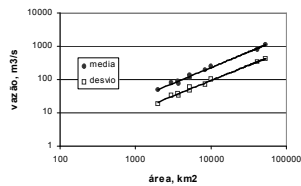
---

---

---

Equação de regressão

1. Seleção das variáveis
2. Regressão com parcimônia
3. Exemplo: Rio Uruguai



35

---

---

---

---

---

---

---

---

Estimativa e variância

$$Q_T = \frac{Q_T}{Q_{mc}} \cdot Q_{mc}$$

$$\text{var } Q_T \cong \left(\frac{Q_T}{Q_{mc}}\right)^2 \cdot \text{var } Q_{mc} + (Q_{mc})^2 \cdot \text{var } \frac{Q_T}{Q_{mc}}$$

$$\text{var } Q_{mc} = \frac{\sigma^2}{N}$$

$$N = 5,31 \frac{s^2}{C_v^2}$$

$$\text{var } \frac{Q_T}{Q_{mc}} = aT^b$$

$$\sigma_T = \sqrt{\text{var } Q_T} = K \cdot Q_{mc}$$

$$K = C_v \sqrt{\frac{\left(\frac{Q_T}{Q_{mc}}\right)^2 + \frac{a \cdot T^b \cdot N}{C_v^2}}{N}}$$

36

---

---

---

---

---

---

---

---

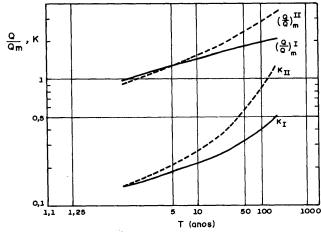
### Exemplo Itajaí

- o bacia com 2.000 km<sup>2</sup>

$$Q_{mc} = 1,48A^{0,766} = 1,48 (2.000)^{0,766} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = Q_{50}/Q_{mc} \cdot Q_{mc} = 2,35 \times 500 = 1.175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = K \cdot Q_{mc} = 0,57 \times 500 = 286 \text{ m}^3/\text{s}$$



37

---

---

---

---

---

---

---

---

### Regiões Homogêneas

- o Resíduos da equação de regressão
- o tendência da curva adimensional
- o quando uma região possui poucos postos para regressão é possível agregar a região para equação de regressão. Pode-se justificar que para riscos menores os postos tendem a possuir comportamento semelhantes, diferenciando-se nos máximos
- o a tendência das curvas adimensionais podem ser definidas com menor número de postos.
- o Por exemplo, no rio Alto Paraguai as regiões I e II ficaram com uma equação regressão e uma curva adimensional para cada região

38

---

---

---

---

---

---

---

---

### Vazão máxima instantânea

- o As equações da literatura relacionam valores médios diários com o instantâneo e a área da bacia;
- o a área da bacia *não é o fator fundamental*, mas o tempo de pico dos hidrogramas.
- o Equação com dados do Sul do Brasil;
- o modelo hidrológico

39

---

---

---

---

---

---

---

---

- o Importante para bacias menores que 2.000 km<sup>2</sup>

$$\frac{Q_{mi}}{Q_{md}} = 1 + 15,03 \cdot A^{-0,58}$$

- Exemplo: bacia com área de 1000 km<sup>2</sup>

$$Q_{mi} = 1,273 \cdot Q_{md}$$

- Para bacias com tempo de pico > 7 horas ou tempo de concentração maior que 12 horas o coeficiente é inferior a 1,1

40

---

---

---

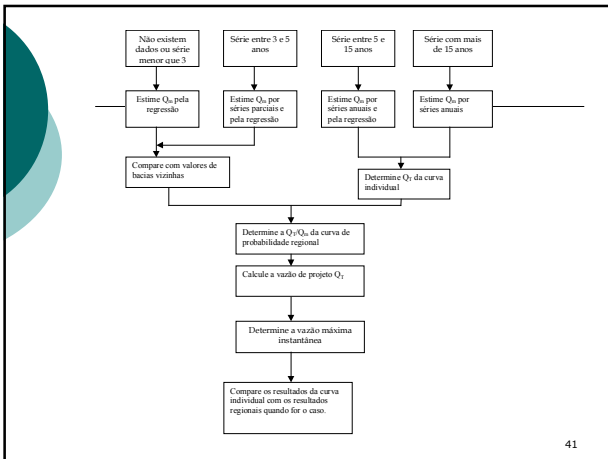
---

---

---

---

---



41

---

---

---

---

---

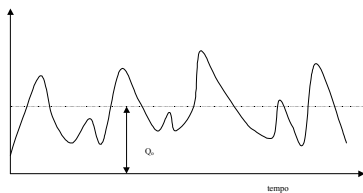
---

---

---

### Estimativa da vazão média de cheia por séries parciais

$$Q_{mc} = Q_o + B(\ln L + 0,5772)$$



42

---

---

---

---

---

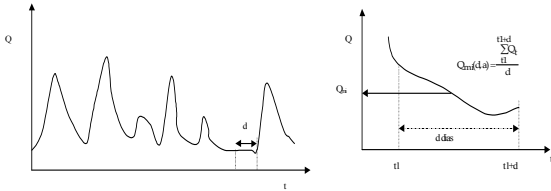
---

---

---

## Vazões mínimas

- Menores valores de vazão com uma determinada duração



43

---

---

---

---

---

---

---

---

## Séries de vazões mínimas

- Selecionar entre períodos úmidos
- não abandonar ano com falhas, verifique o período da falha;
- observar tendenciosidade depois de período chuvoso
- durações mais freqüentes 1, 3, 7, 15, 30, 60, 90, 180 dias

44

---

---

---

---

---

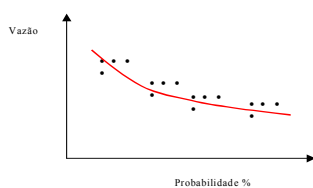
---

---

---

## Curva de probabilidade de vazões mínimas

- Influência direta do(s) aquífero (s)
- tendência



45

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regionalização

1. Escolha de m durações
2. Determinação de  $Q(d,a)$
3. Ajuste das curvas individuais de probabilidade
4. Adimensionalização com base na média da vazão mínima de cada duração
5. Curva adimensional regional
6. Regressão incluindo a duração

46

---

---

---

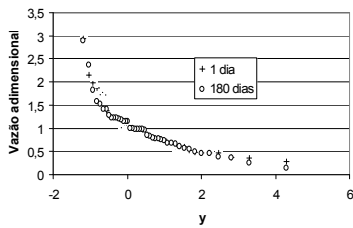
---

---

---

---

---



Rio Marombas no rio Uruguai

47

---

---

---

---

---

---

---

---

## Opções de regressão

- (a) inclusão da duração na regressão

$$\bar{Q}_{mi}(d) = a_1 A + a_2 P + \dots + a_n d$$

- (b) duração e vazão média de longo período

$$\frac{Q_{mi}(d)}{Q_m} = f(d)$$

48

---

---

---

---

---

---

---

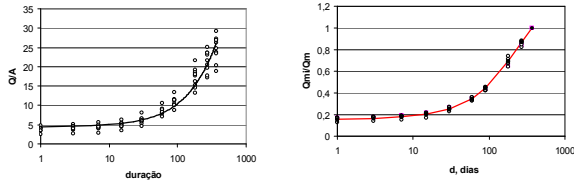
---



## Exemplo

- Rio Canoas

$$\frac{\bar{Q}_{mi}(d)}{A} = 0,0598d + 4,4613$$



49

---

---

---

---

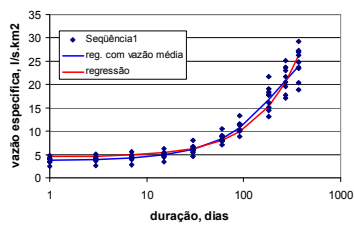
---

---

---

---

## Comparação entre a vazão específica média de duração $d$ entre os procedimentos



50

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regiões homogêneas

- As regiões de máxima e mínima não são necessariamente as mesmas;
- condições hidrogeológicas da bacia: mapa geológico, províncias hidrogeológicas, produção de vazões de poços, falhamento rochoso, apoio de hidrogeólogo.
- influencia dos erros da mobilidade da seção

51

---

---

---

---

---

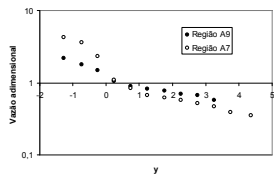
---

---

---

## Estimativa

$$Q_{mi}(Tr, d) = \frac{Q_m(Tr, d)}{\bar{Q}_{mi}(d)}$$



*Exemplo:* Vazão mínima média de 7 dias, método da regressão =  $4,88 \times 1000/1000 = 4,88 \text{ m}^3/\text{s}$  (bacia  $1000 \text{ km}^2$ ). Curva adimensional da região  $Q_{mi}(7,10)/Q_{medmi}(7) = 0,4$  ;  $Q(7,10) = 0,40 \times 4,88 = 1,95 \text{ m}^3/\text{s}$

52

---

---

---

---

---

---

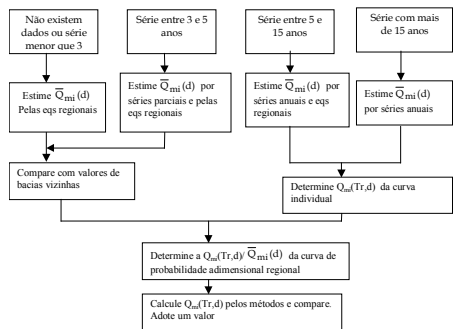
---

---

---

---

## Uso da regionalização



53

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Curva de Permanência

- Usos: navegação, Pch, conservação ambiental, etc.
- séries: geralmente vazões diárias
- características da curva: três trechos: vazões máximas, patamar freqüente e vazões extremas inferiores
- pode variar muito de acordo com o tamanho da bacia

54

---

---

---

---

---

---

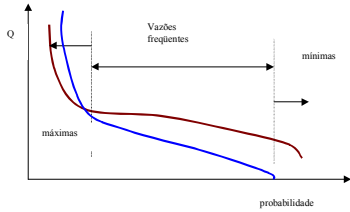
---

---

---

---

## Características da curva de permanência



55

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ajuste

- Determinação da curva: intervalos de classe ou simples ordenamento dos valores;
- ajuste da curva a valores característicos

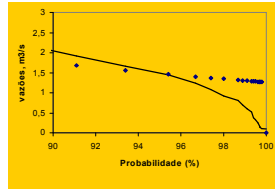
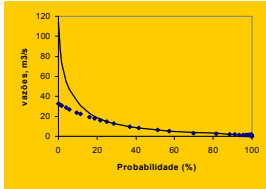
$$Q = \exp(aP + b)$$

$$a = - \frac{\ln\left(\frac{Q_{P1}}{Q_{P2}}\right)}{P2 - P1}$$

$$b = \ln Q_{P1} - P1.a$$

Para:  
 $P1 = 50\% \Rightarrow a = - \frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{0,95 - 0,50}$

$P2 = 90\% \quad b = \ln Q_{50} - 0,50a$




---

---

---

---

---

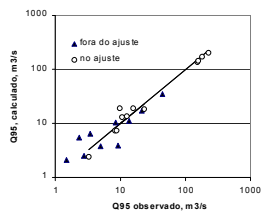
---

---

---

## Regionalização

- Regionalizar valores característicos  
 $Q_p = f(A, P, DD, \dots)$
- uso de  $Q_{50}$  e  $Q_{95}$  porque representam o trecho médio e parte do inferior da curva de permanência
- exemplo no rio Uruguai



57

---

---

---

---

---

---

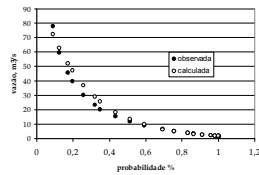
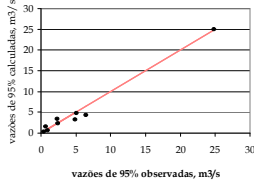
---

---

○ Rio Taquari

$Q_{50} = 0,01294.A^{0,979}$   $R^2 = 0,99$

$Q_{95} = 0,00249A^{0,956}$   $R^2 = 0,91$



58

---

---

---

---

---

---

---

---

---

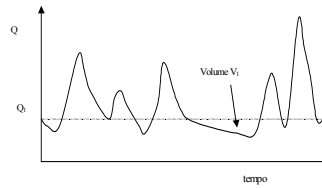
---

Curva de Regularização

- Relação volume x demanda

$V = f(p, q)$  ou  $V = f(q)$

- metodos: curva de permanência; vazões mínimas; simulação.



59

---

---

---

---

---

---

---

---

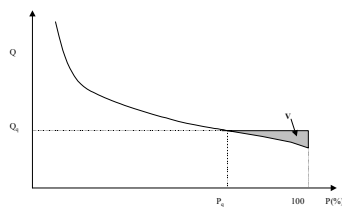
---

---

Curva de permanência

- Cálculo numérico do volume.

A curva de permanência representa os valores naturais e a linha reta a sua regularização



60

---

---

---

---

---

---

---

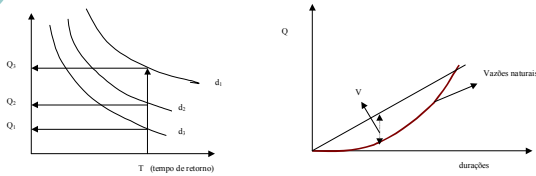
---

---

---

## Vazões mínimas

$$V = \{ [ Q - q(d, T) ] d \cdot k \}_{\text{máximo}}$$



61

---

---

---

---

---

---

---

---

---

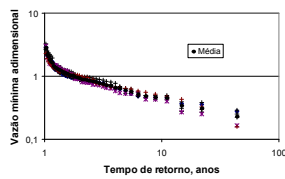
---

## Exemplo

o Rio Marombas

$$z = T^{-0,46}$$

$$V = \frac{0,0905}{z} (q - 17,526 \cdot z)^2$$



62

---

---

---

---

---

---

---

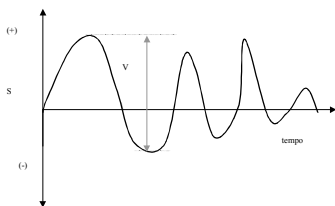
---

---

---

## Simulação

$$S_{t+1} = S_t + (Q_t - q)Dt$$



63

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regionalização

- Métodos simplificados: utilizar os resultados da regionalização da curva de permanência ou curva de vazão mínima
- simulação: (i) adimensionalizar a curva de curva de regularização pela média de longo período; (ii) ajustar uma equação de potência a cada posto e regionalizar coeficientes.

64

---

---

---

---

---

---

---

---

## Metodologia

1. Preencher falhas das séries de vazões mensais;
  2. Identificar a representatividade das séries de vazões
  3. Determinar a curva de regularização para cada posto;
  4. Adimensionalizar as curvas com base na média
  5. Determinar as curvas com mesma tendência até cerca de 60 a 70 % da vazão média
  6. Determinar a curva média pelos valores médios.
- O ideal é buscar estabelecer períodos homogêneos, desde que não se perca informações importantes.

65

---

---

---

---

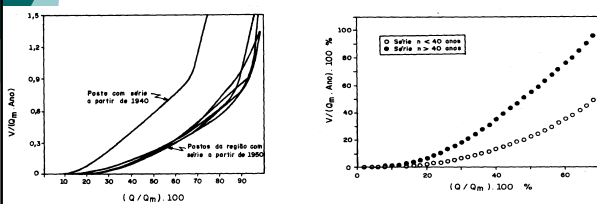
---

---

---

---

## Exemplo rio Uruguai



66

---

---

---

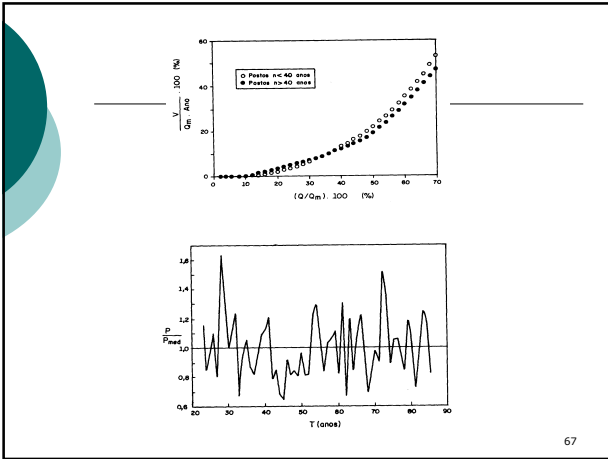
---

---

---

---

---



67

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Uso da regionalização

- Determine a vazão média da bacia
- calcule a demanda  $m = (q/Q_m)100$
- obtenha da tabela o volume adimensional  $r = V/(Q_m \cdot \text{ano})$ ;
- determine V por  $V = 0,3154 \cdot r \cdot Q_m \quad (10^6 m^3)$
- para incluir a evaporação aumente a demanda  $m' = m_e + m$
- $m_e = 0,00317 \cdot E.A./Q_m$

68

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo Alto Uruguai

- $Q_m = 0,024 \cdot A^{0,996}$

The graph plots  $V/(Q_m \cdot DT)$  (y-axis, 0 to 100) against  $Q/Q_m$  (x-axis, 0 to 70). The data points, represented by red crosses, show a clear upward trend that follows a power-law relationship.

69

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Regularize 50% da média de uma bacia de 2000 km<sup>2</sup>.

$$Q_m = 0,024 \cdot (2000)^{0,996} = 44,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Da tabela ou gráfico, para  $q/Q_m=50$ , resulta

$$r = 50,19 \text{ e}$$

$$V = 706,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

com evaporação

$$m^* = m_e + m = 53,1\%$$

$$r = 56,6 \%$$

$$V = 796,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \quad \text{- aumento de 13\%}$$

70

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mapeamento

- Mapas de isolinhas de vazão máxima específica
- vazão específica de de vazão mínima de 7 dias 10 anos;
- volume de regularização adimensional;
- isoietas
- isotermas

71

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vazão específica

- A bacia é um integrador e a vazão específica pode variar com a dimensão da bacia.
- Use fator de correção para o mapa
- metodologia: (1) sub-divida a região em áreas com tamanhos semelhante; (2) prepare o mapa da isolinhas; (3) determine o fator de correção

72

---

---

---

---

---

---

---

---



## Procedimento de correção

$$q = q_{\text{mapa}} \cdot f$$

$$f = \left( \frac{A_u}{A_{\text{mapa}}} \right)^{b-1}$$

Exemplo

$$Q_{mc} = 0,4 A^{0,634} P A^{4,443}$$

$$q_{mc} = \frac{Q_m}{A} = \frac{0,4 P A^{4,443}}{A^{0,366}}$$

$$f = \frac{0,0866}{A_u^{0,366}}$$

73

---

---

---

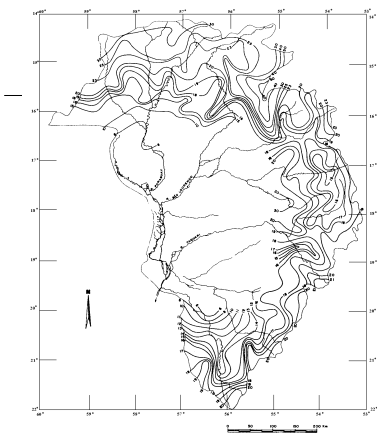
---

---

---

---

---



74

---

---

---

---

---

---

---

---